

I-490

円孔をボルト締めすることによる応力集中の緩和

法政大学 学生員 三辺 考志
 法政大学 正員 森 猛
 ㈱建設技術研究所 薩川 能成

1. はじめに

鋼橋などに生じた疲労損傷を補修する方法の一つにストップホールを用いる方法がある。これは疲労亀裂先端に円孔をあけ、応力集中を軽減することにより疲労強度の向上を計る方法である。またストップホールをボルト締めすることにより応力集中はさらに軽減される。これはボルトの締めつけ力に起因する母板とワッシャー間の摩擦で力を伝達するためである。そのためボルト締めした円孔の応力集中に対しては母板の板厚やボルト径の影響が大きいと考える。そこで本研究では、ボルト締めによる応力集中の緩和効果及びそれに対する板厚やボルト径の影響を明らかにすることを目的とし、三次限有限要素法を用いた応力解析ならびに応力測定試験を行う。

2. 解析対象

解析対象を図1に示す。平板中央にあけた円孔の径は14, 18, 23mmとし、板厚は9, 16, 25, 46mmとした。ボルトはF10T-M12, M16, M20を想定した。またワッシャーと母板間の微小な滑りを考慮するためワッシャーと母板の間にヤング率の低い材料を挿入した。このヤング率を 2.1×10^4 kgf/mm²の1/1, 1/10, 1/20, 1/100とした。またポアソン比は0.3とし、等分布荷重を作用させた。解析モデルは対称性を考慮し1/8モデルとした。円孔近傍の要素分割例を図2に示す。

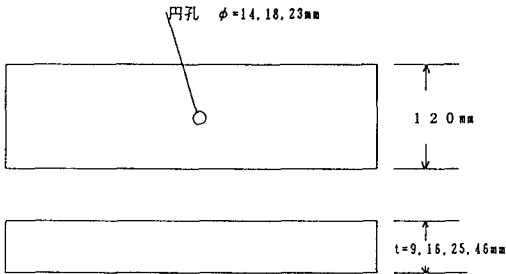


図1 解析対象

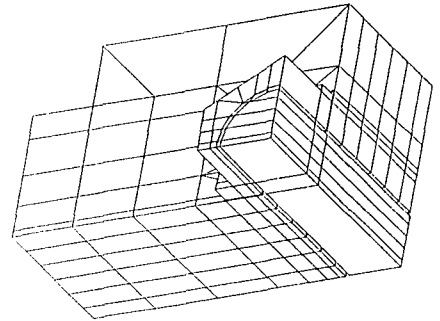


図2 円孔近傍の要素分割例

3. 試験体及び試験方法

供試鋼材はSM490YA及びSM58Qを用いた。板厚は $t = 9, 16, 25, 46$ mmの4種類を用意し、ストップホールを想定して直径18mmの円孔を明けた。試験体の形状・寸法は図1に示す円孔径18mmのものと同じである。

応力測定試験には円孔を明けたものと円孔をボルト締めしたものを用意し、ボルトはF10T-M16を用いトルクレンチによりボルトの軸力が113kNとなるように締め付けた。また、ひずみゲージを板厚中心に貼付した。

4. 解析結果および試験結果

図3に解析によって得られた円孔壁での板厚方向の応力分布を示す。板厚中心での応力集中が最も高く、とくにボルト締めした場合は、板内部と表面での応力集中の差が大きい。

ボルト締めによる応力の軽減を明確にするために以下のように応力緩和係数を定義した。

応力緩和係数： $\gamma = \alpha_1 / \alpha_2$

α_1 ：円孔のみの応力集中係数

α_2 ：ボルト締めした場合の応力集中係数

応力解析および応力測定試験より求めた応力緩和係数と板厚の関係を図4に示す。実験結果も解析結果も同様に板厚が大きくなるにしたがってボルト締めによる応力緩和係数が大きくなり、応力緩和度が低下している。図5に応力解析より求めた、ボルト径と応力緩和係数の関係を示す。応力緩和度はボルト径が大きくなると高くなっている。図6は、応力緩和係数と、ボルト径Mと板厚tの比M/tの関係を示している。図中の点線はM16で板厚を9~46mmまで変化させたときの $\gamma - M/t$ 関係を示している。ボルト径をM12, M20としても $\gamma - M/t$ 関係は、M16の場合とほぼ一致している。したがって、板厚とボルト径がわかれば応力緩和係数の予測が可能であるといえる。

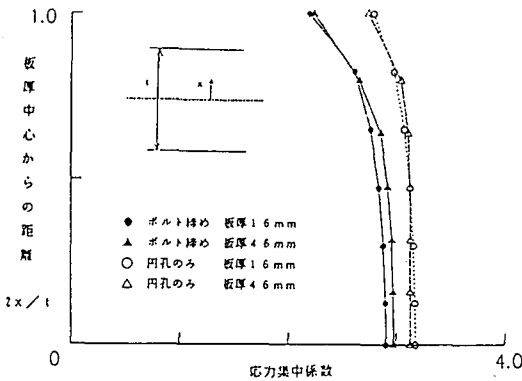


図3 円孔壁での応力分布

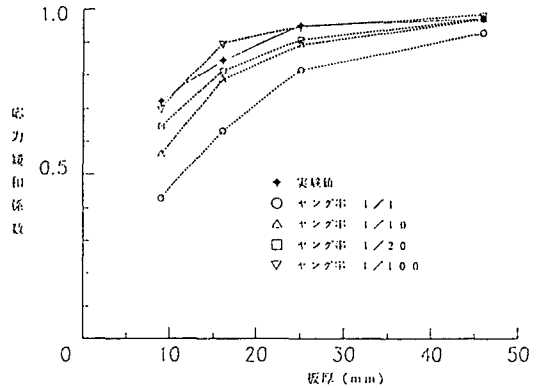


図4 応力緩和係数と板厚の関係

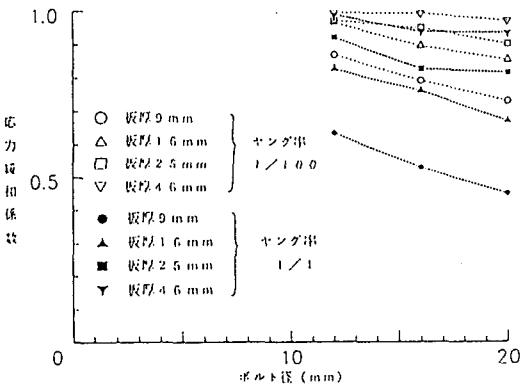


図5 ボルト径と応力緩和係数の関係

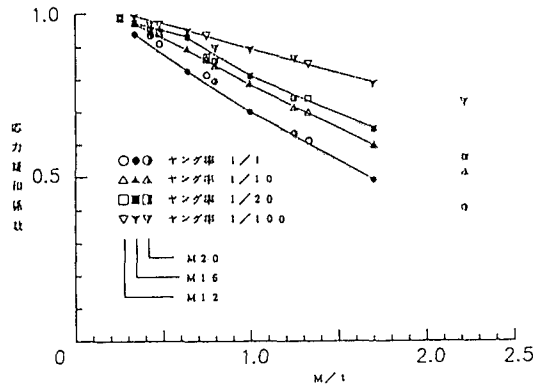


図6 応力緩和係数とM/tの関係

5. まとめ

- (1) ストップホールをボルト締めすることにより円孔壁での応力集中は軽減される。
- (2) 板厚が大きくなるに従いボルト締めによる応力の緩和効果は小さくなる。
- (3) ボルト径が大きくなるに従いボルト締めによる応力の緩和効果は大きくなる。
- (4) 板厚tとボルト径Mの比M/tによりボルト締めによる応力の緩和が予測可能である。